

PENGARUH VISKOSITAS OLI TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA 60

Noor Setyo¹

e-mail: noorsetyo@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of cooling medium in the quenching process on the level of the surface hardness of steel alloy ST 60 has a composition of 0.45% C, 0.33% Si; 0.43% Mn. While as the cooling medium varisi sequentially used oil SAE 20; SAE 40; and SAE 60.

Quenching heating process is done by heating the steel in the furnace heated to a temperature of austenite 750⁰C, being the quenching process is performed by using the oil cooler media SAE10; SAE 40; and SAE 80. The surface hardness before and after quenching is known to test the micro Vickers on a load of 150 grams, while the microstructure observation was performed using an optical microscope magnification of 200 x.

Results showed a linear relationship between the level of violence to the level of dilution oil cooler. Material surface hardness increased with the increasing rate of the cooling medium viscosity. Sequentially large surface hardness of the thinned oil SAE 10; SAE 40; and SAE 80 is obtained 175VHN_{0,015}; 179 VHN_{0,15}; dan 195VHN_{0,015}. The microstructure of the experience was change of pearlite into cementite with a higher level of dilution cooling medium.

Keywords: *quenching, cementite, SAE 10 oil.*

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media pendingin dalam proses quenching terhadap tingkat kekerasan permukaan baja paduan ST 60 yang memiliki komposisi 0,45%C, 0,33%Si; 0,43%Mn. Sedang sebagai variasi media pendingin secara berurutan digunakan oli SAE 20; SAE 40; dan SAE 60.

Proses pemanasan quenching dilakukan dengan cara memanaskan baja di dalam tungku pemanas hingga mencapai temperatur austenit 750°C , sedang proses quenching dilakukan dengan menggunakan media pendingin oli SAE 10; SAE 40; dan SAE 80. Kekerasan permukaan sebelum dan setelah quenching diketahui dengan melakukan uji mikro Vickers pada beban 150 gr, sedang pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik pembesaran $200\times$.

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan secara linier antara tingkat kekerasan dengan tingkat kenceran media pendingin oli. Kekerasan permukaan material meningkat dengan semakin bertambahnya tingkat kekentalan media pendingin. Secara berurutan besar kekerasan permukaan pada keenceran oli SAE 10; SAE 40; dan SAE 80 diperoleh $175\text{VHN}_{0,015}$; $179\text{VHN}_{0,15}$; dan $195\text{VHN}_{0,015}$. Struktur mikro cenderung mengalami perubahan dari perlit menjadi sementit dengan semakin tinggi tingkat kenceran media pendingin.

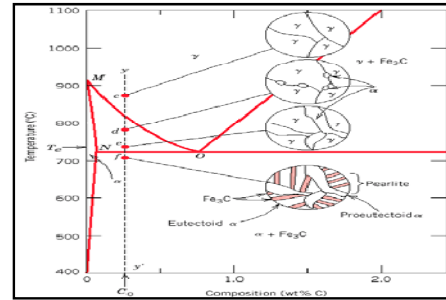
Kata kunci : proses quenching, sementit, oli SAE 10.

I. PENDAHULUAN

Proses *full hardening* (*quenching*), merupakan suatu proses perlakuan panas untuk menghasilkan permukaan suatu benda kerja (logam) yang keras, dan tahan terhadap gesekan. Proses *quenching* ini dapat dicapai secara optimal, jika proses pemanasan dan medium pendinginan yang digunakan efektif, sehingga dapat terbentuk struktur sementit atau martensit seoptimal mungkin sedang struktur yang lebih lunak seperti ferrit dan perlit dapat dihindari.

Prinsip dari *full hardening* adalah memanaskan baja hingga minimal di titik temperatur austenit, setelah dilakukan penahan beberapa saat, kemudian didinginkan secara memdadak/*quenching* dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis pada media air, oli, cairan polimer atau cairan garam, udara, agar bisa terbentuk struktur sementit atau martensit. Besar temperatur pemanasan, untuk baja *hipoeutektoid* sekitar 200-500 °C di atas garis A_3 , sedang pemanasan untuk baja *Hipereutektoid* dilakukan di atas temperatur garis $A_{1,3}$ Gambar 1.1.

Struktur hasil proses *quenching* memiliki kekerasan yang sangat tinggi, karena adanya karbida-karbida yang tidak larut yang memiliki kekerasan diatas *martensit*. Jumlah karbida yang dapat larut pada *austenite* sebanding dengan temperatur austenisasinya. Jumlah karbida dan ukuran butir yang larut meningkat jika temperatur austenisasi dinaikkan, dan bersamaan itu akan disertai penurunan kekerasan *austenit*. Jika karbida yang terlarut terlalu besar, akan terjadi peningkatan ukuran butir yang disertai dengan penurunan tingkat kekerasan dan ketangguhan logam, sedang jika baja dipanaskan di atas temperatur AC_m (727°C), struktur yang dihasilkannya hanya terdiri *austenit* yang berupa larutan padat.



Gambar 1.1 Diagram Fe-3-C

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang *Full Hardening*, bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat kekerasan permukaan logam *ferro* maupun logam non *ferro*, telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, dengan menggunakan berbagai macam metode teknik *surface treatment* diantaranya yaitu penelitian untuk mengamati sifat kekerasan baja ST 40 dengan teknik nitridasi ion yang dilakukan oleh (Suprpto, Sujitno, Mudjjana, 2005) dengan memvariasikan waktu deposisi dan variasi tekanan, pada jarak dan tegangan anode-katode masing-masing 13 cm, dan 750 Volt. Hasil penelitian, menyimpulkan, besar peningkatan kekerasan permukaan sebesar 51,8 % dari material awal, yaitu sebesar 325,93 KHN, untuk waktu nitridasi 3 jam dan tekanan 1,2 mbar. Untuk hasil uji metalografi diperoleh perubahan struktur ferrit dan perlit yang semula mempunyai butiran kasar berubah menjadi butiran halus sehingga terjadi peningkatan kekerasan dan kedalaman difusi sebesar 150 μm .

Penelitian pengerasan terhadap permukaan baja karbon rendah ST 37 menggunakan metode boronisasi dalam medium padat yaitu serbuk B4C 50% sebagai donor, SiC 45% sebagai pengencer, dan 5% KBF4 sebagai aktivator yang dilakukan pada suhu 1000 °C selama 8 jam oleh (Sutrisno dan Soegiyono, 2012). Hasil penelitian menyimpulkan, tingkat kekerasan mikro lapisan besi borida yang terjadi 700 HVN, hampir enam kali lipat kekerasan semula yaitu 123 HVN, fase yang terbentuk berupa lapisan Fe2B dan FeB halus dan datar, dan lapisan besi borida terbentuk hingga

kedalaman 20 sampai 60 μm , yang mengarah ke proses difusi terkendali.

Suprpto, Sudjatmoko, Sujitno (2010), melakukan pengamatan pengaruh nitridasi plasma terhadap kekerasan permukaan AISI 304 dan baja karbon rendah, untuk meningkatkan kualitas permukaan, khususnya kekerasan permukaan dengan memvariasi tekanan gas saat proses nitridasi. Hasil penelitian menyimpulkan, kekerasan maksimum diperoleh pada tekanan 1,8 mbar yaitu 624,9 VHN atau 2,9 kali kekerasan awal (210,3 VHN) untuk AISI 304 dan 581,6 VHN atau 3,07 kali kekerasan awal (142,9 VHN) untuk baja karbon rendah. Ketebalan lapisan nitrida logam sekitar 30 μm baik untuk AISI 304 maupun baja karbon rendah. Kandungan nitrogen setelah nitridasi 10,74% massa atau 30,32% atom untuk AISI 304 dan 6,81% massa atau 21,76% atom untuk baja karbon rendah.

Pribadi, Suprpto, Priyantoro (2008), melakukan penelitian tentang pengerasan permukaan baja ST 40 dengan teknik carburizing plasma lucutan pijar, dengan variasi suhu 150 $^{\circ}\text{C}$, 200 $^{\circ}\text{C}$, 250 $^{\circ}\text{C}$ dan 300 $^{\circ}\text{C}$ dan variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil penelitian menyimpulkan nilai kekerasan maksimum 582 KHN pada suhu 300 $^{\circ}\text{C}$ dan waktu 120 menit.

Penelitian pengerasan permukaan baja ST 37 dengan metode karburasi, menggunakan arang limbah kelapa sawit, sebagai bahan karburasi padat juga telah dilakukan oleh (Arma, Pachri, Kusuma, 2012). Hasil penelitian, dengan melakukan pemanasan selama 4 jam pada temperatur 900 $^{\circ}\text{C}$, dengan waktu penahanan selama 2 jam diperoleh kenaikan kekerasan permukaan dari 7 HRC menjadi 37 HRC, sedang jika waktu tahan selama 4 jam menjadi 39 HRC. Hal ini terjadi karena atom-atom karbon dalam fasa pearlite terdispersi dipermukaan spesimen.

DASAR TEORI

Proses pengerasan, merupakan proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang dilakukan untuk menghasilkan permukaan benda yang keras. Proses ini dilakukan pada di atas temperatur austenisasi yang kemudian di *quench*. Pada tahap ini unsur karbon akan terperangkap, sehingga akan menyebabkan terbentuk struktur *body center tetragonal* atau struktur yang tidak setimbang yang disebut martensit.

2.2.1 Baja

Baja merupakan paduan multi komponen antara *ferro* (Fe); carbon (C) dan unsur Mn, Si, S, P, N, H yang akan memberikan pengaruh terhadap perubahan struktur fcc-bcc, titik eutektik dan kecepatan pendinginan, sehingga akan meningkatkan sifat-sifat mekanik seperti kekerasan, keuletan, ketahanan karat, dan ketahanan panas. Berdasarkan komposisi dan struktur mikronya, baja diklasifikasikan menjadi baja karbon, baja paduan rendah, baja tahan karat.

2.2.1 Baja karbon

Baja karbon biasa memiliki komponen utama Fe (*ferro*) dan C (*carbon*). Baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga bagian berdasarkan unsur karbon yang dikandung (Niemann, 1975) yaitu :

- a. baja karbon rendah memiliki kandungan C (*carbon*) berkisar 0,05-0,25 %
- b. baja karbon sedang memiliki kandungan C (*carbon*) berkisar 0,25-0,50%,
- c. baja karbon tinggi memiliki kandungan C (*carbon*) lebih besar 0,50%.

2.2.2 Baja Paduan

Baja ini memiliki unsur paduan seperti Mn (mangan), Ni (nikel), Cr (kromium, Mo (molibden), Si (silikon) dan lain-lain sebagai

elemen tambahan pada Fe dan C. Baja paduan digolongkan menjadi dua bagian (G.Niemann,1975) yaitu : (1) Baja paduan rendah dan (2) baja paduan tinggi. Baja paduan rendah memiliki unsur paduan dibawah 5%, sedang jika unsur paduan di atas 5 % disebut baja paduan tinggi.

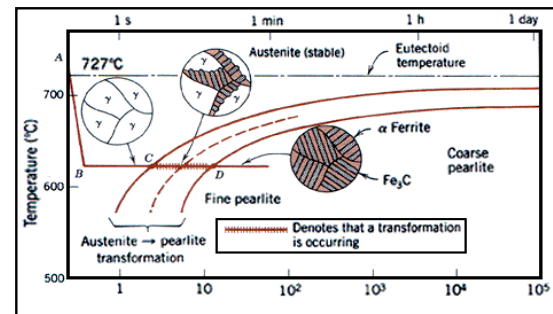
2.2.3 Baja Tahan Karat

Stainless Steel adalah senyawa besi (Fe_3C) yang mengandung minimal 12-13% Cr (*chromium*). Untuk meningkatkan efek *chromium* agar lebih baik perlu ditambahkan unsur paduan seperti Ni (*nickel*), Mo (*molibdenum*), dan Mn (*mangan*), Si (*silicon*), Ti (Titanium).Kemampuan tahan karat di suhu atmosfer baja ini cukup baik, akibat permukaan besi bersifat pasif dengan terbentuknya lapisan film oksida tipis Cr_2O_3 yang akan melindungi logam dari korosi. Sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah, sedang keuletan, kekuatan tarik, ketahanan korosi dan mampu mulur lebih baik dari baja karbon merupakan ciri utama *stainless steel*.

2.3. PROSES FULL HARDENING

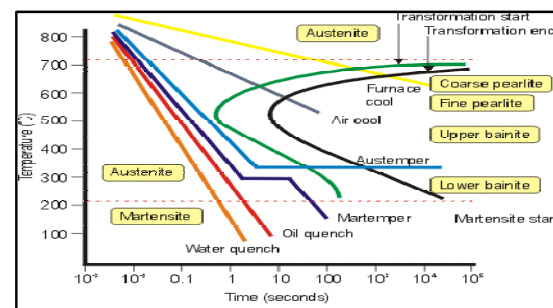
Perlakuan permukaan baja diperlukan untuk mendapatkan permukaan yang keras, baik secara keseluruhan maupun sebagian untuk memenuhi tuntutan fungsi kebutuhannya seperti harus keras, tahan gesekan diantaranya seperti proses full hardenning. *Full hardening* adalah memanaskan baja secara bertahap sampai titik temperatur *austenit*, kemudian didinginkan secara mendadak atau *quenching*, dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan struktur martensit, yang memiliki kekerasan cukup tinggi. Gambar 2.5 memperlihatkan diagram transformasi isothermal dari sebuah perlakuan panas baja. Besar temperatur pemanasan akan dipengaruhi oleh kandungan karbon yang dimiliki, termasuk jenis baja *hipoeutektoid* atau *hipereutektoid*, dan

biasanya dalam hal ini tiap-tiap produsen sudah mengeluarkan diagram suhunya masing-masing.



Gambar 2.5 Diagram Transformasi Isothermal

Gambar 2.6 memperlihatkan hubungan antara temperatur, waktu dan media pendingin dalam proses *full hardening*. Banyak tersedia berbagai macam media pendingin yang umum digunakan dalam proses *quenching*, yang mana penggunaannya perlu disesuaikan dengan jenis baja yang akan dikeraskan diantaranya yaitu air, oli, larutan garam, udara, dan dalam tungku pemanas.



Gambar 2.6 Hubungan Waktu Terhadap Temperatur Pencelupan

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen langsung, dengan variabel *independent* berupa oli SAE 20, SAE 40 dan SAE 60, sedang sebagai variabel *dependent* kekerasan permukaan lapisan, dan struktur mikro.

3.1. Bahan Dan Alat Penelitian

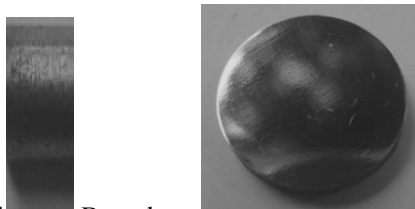
3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan penelitian diantaranya meliputi yaitu :

- *raw material* berupa *baja karbon paduan ST 60*
- Resin dan katalis sebagai bahan mounting
- Oli SAE 20, SAE 40, SAE 60
- Ampelas ukuran kehalusan #200 sampai dengan # 2000.
- Autosol metal polish; sodium phosphat caustic soda (NaOH); dan asam chlorid (HCl)

3.1.2 Bentuk Spesimen Penelitian

Seluruh spesimen uji dalam penelitian ini menggunakan bahan *mild steels*, sedangkan bentuk spesimen dan jumlah spesimen dari masing-masing spesimen uji seperti terlihat dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bentuk Penampang Spesimen Dasar

3.1.3 Alat Penelitian

Macam alat dan jenis peralatan yang digunakan mulai dari tahap persiapan tahap pengujian hingga tahap akhir penelitian diantaranya yaitu :

- mesin bubut/CNC, mesin gergaji
- alat uji komposisi bahan
- alat uji kekerasan Vickers,
- tungku pemanas (oven)
- alat uji struktur mikro mikroskop optik
- sarung tangan, tang, spidol, ampelas, autosol, etsha.

3.2. Proses Pengujian

3.2.1 Persiapan Pengujian

Seluruh proses kegiatan dalam pembuatan spesimen uji seperti Gambar 3.2 dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, kemudian untuk penghalusan permukaan digunakan mesin poles menggunakan kertas ampelas mulai dari ukuran terkecil mesh #200 sampai mesh #2000, setelah itu baru dipakai kain beludru yang diberi *autosol metal polish* untuk memperoleh permukaan yang mengkilat dan bebas dari goresan. Sebelum dilakukan pemanasan, agar benda uji bebas dari kotoran baik organik maupun anorganik dilakukan pembersihan secara mekanik yang bertujuan untuk menghilangkan goresan serta geram-geram yang masih melekat pada permukaan spesimen dengan menggunakan kain beludru yang diberi *autosol metal polish*. Selanjutnya dilakukan proses *degreasing* untuk menghilangkan permukaan spesimen dari kotoran lemak, minyak, dengan merendam spesimen dalam bak air aquades yang dicampur larutan sodium phosphat caustic soda (NaOH) sebanyak 25 gr/liter, dalam waktu kurang lebih 10 menit, terus dilanjutkan proses *pikling*, dengan cara merendam spesimen kedalam air yang telah dicampur asam chlorid (HCl) sebanyak 12 % dari volume tampung bak selama kurang lebih 10 menit.

3.2.2. Langkah Pengujian

Langkah-langkah yang perlu ditempuh dalam melakukan penelitian *full hardening* baja paduan ST 60 adalah sebagai berikut :

- Pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro *raw material*.
- pemanasan spesimen uji dalam oven penguji diatas temperatur 727°C
- pencelupan spesimen uji di media pendingin oli SAE 20; SAE 40; SAE 60.
- pengujian kekerasan dan struktur mikro setelah proses *quenching*.

3.2.4 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi dilakukan untuk mengetahui, kandungan unsur utama karbon dan paduan yang terdapat dalam baja ST 60. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan besar temperatur pemanasan yang diperlukan dalam proses *full hardening*. Alat yang digunakan dalam pengujian ini *Desktop Metals Analyser* merk *Metalscan 2500 series*.

3.2.5 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perubahan sifat kekerasan material yang terjadi, sebelum dan sesudah dilakukan proses *full hardening*. Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan mesin *Micro Hardness Tester* berdasarkan metode Vickers pada beban 25 gram,

setelah benda uji terlebih dahulu dilakukan proses preparasi seperti dalam uji struktur mikro.

Proses pengujian kekerasan, dilakukan dengan cara menekan permukaan lapisan benda uji menggunakan indentor intan berbentuk piramida dengan sudut 136° dan beban tekan (P) 25 gram selama 10 detik. Nilai kekerasan benda uji diperoleh dengan mengukur bekas diagonal injakan rata-rata spesimen (d), yang kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan Vander Voort yaitu:

$$Hv = 1,854 \frac{P}{d^2} \quad (3.1)$$

dimana : d : panjang diagonal rata-rata spesimen uji (mm)

P : beban yang digunakan dalam pengujian(kg)

Komposisi Kandungan							
C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo
0.4512	0.3330	0.0250	0.0199	0.4275	0.2119	0.0024	0.0285
Komposisi Kandungan							
Cu	W	Ti	Sn	Al	Ca3	Zn	Fe
0.0550	0.0118	0.0030	0.0074	0.0034	0.0058	0.0173	98.396

3.2.3 Pengujian Struktur Mikro

Karakterisasi dari mikro struktur bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisis baja paduan ST 60 yang terjadi sebelum dan sesudah proses *full hardening*. Pengujian mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik digital dengan pembesaran 200 x pada penampang lateral.

Preparasi sampel uji sebelum dan setelah dilakukan pemanasan dilakukan dengan cara memounting menggunakan resin, dan dilanjutkan proses penghalusan permukaan menggunakan ampelas mulai dari ukuran terkecil 200 hingga terbesar 2000 sampai permukaan spesimen benar-benar halus, baru setelah itu

dilakukan proses pemolesan memakai kain beludru yang diberi zat alumina (Al_2O_3) hingga spesimen uji benar-benar bebas dari goresan/mirror finishing.

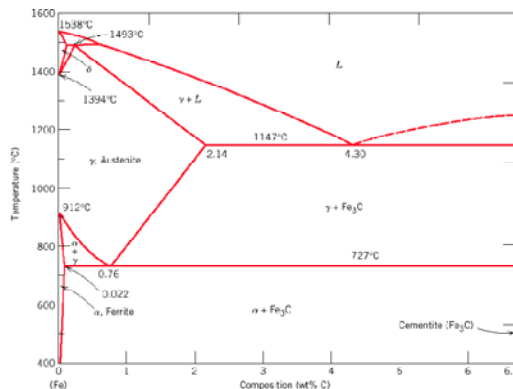
Untuk memunculkan batas butir spesimen, sampel uji dietsa dengan memakai campuran larutan asam nitrit 35 % HNO_3 dan asam chlorit 65% HCl selama kurang lebih 120 detik, dilanjutkan pencucian spesimen kedalam larutan alkohol dan aquades untuk menetralkan larutan etsa yang menempel pada spesimen, baru kemudian benda uji dikeringkan yang selanjutnya dilakukan proses pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik digital dengan pembesaran 200 x.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pengujian Komposisi

Pengujian kandungan komposisi spesimen dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji *Desktop Metals Analyser* merk *Metalscan 2500 series*. Hasil dari pengujian *row material* terlihat seperti dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kandungan Unsur Baja Paduan Row Material



Gambar 4.1 Proses Pemanasan Spesimen Uji

Hasil pengujian Tabel 4.1 menunjukkan, besar kandungan unsur karbon 0,45% C, maka logam termasuk dalam kelompok baja ST 60 berdasarkan standar ASTM, dan karena kandungan unsur karbon masih di bawah 0,76 % C, maka baja ST 60 termasuk dalam golongan baja *hipoeutektoid*.

4.2. Proses Full Hardening

Proses *full hardening*, berdasarkan data uji kandungan komposisi Tabel 4.1, dan merujuk pada diagram fasa Fe-Fe₃C Gambar 2.3, proses pemanasan harus dilakukan pada suhu sekitar 20-50°C di atas garis A₃ (temperatur diatas 727°C) beberapa saat, setelah itu baru dilakukan proses *quenching* setelah ditahan pada temperatur 760 °C selama lima menit untuk masing-masing spesimen, hal ini dimaksud-

kan agar proses transformasi *sementit*; *perlit*; dan *ferrit* menjadi *austenit* bisa berlangsung lebih homogen, sehingga diharapkan bisa diperoleh ukuran butir kristal yang relatif lebih merata, dan difusi bisa berlangsung lebih dalam, baru kemudian spesimen dicelupkan kedalam oli yang bervariasi yaitu SAE 10; SAE 40; dan SAE 80.

4.3. Proses Quenching

Setelah spesimen dilakukan proses pemanasan spesimen di dalam oven pemanas, pada temperatur 20-50 °C di atas garis A₃ (727°C) Gambar 4.1 secara bertahap kenaikannya hingga mencapai temperatur 760°C selama kurang lebih 30 menit. Benda uji langsung dilakukan proses *quenching* secara berurutan masing dengan waktu pencelupan masing-masing dalam waktu 10 detik kedalam media oli SAE 20; SAE 40; dan SAE 80, agar bisa terbentuk unsur martensite yang bersifat keras, getas, berukuran kecil-kecil dan berbentuk seperti jarum pada permukaan spesimen.

Selanjutnya benda kerja dibersihkan dengan menggunakan mesin poles untuk menghilangkan deposit-deposit yang menempel pada permukaan benda kerja, kemudian dihaluskan untuk membuat permukaan benda kerja agar mengkilap, baru selanjutnya dimaounting untuk langkah persiapan pengujian kekerasan permukaan dan struktur mikro.

4.4. Pengujian Kekerasan Permukaan

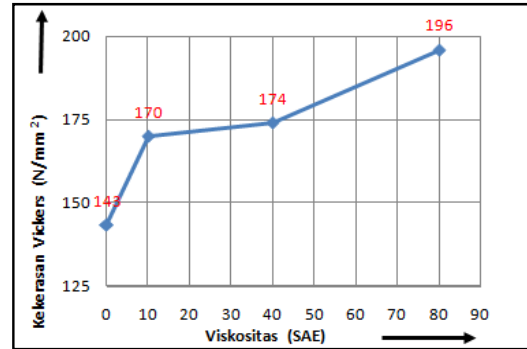
Pengujian kekerasan permukaan dilakukan dalam posisi lateral dengan mesin *Micro Hardness Tester*, menggunakan indenter intan berbentuk piramida dengan sudut 136°, beban tekan 25 gram dan lama waktu penekanan selama 10 detik. Nilai kekerasan ditentukan berdasarkan metode Vickers. Tabel 4.2 memperlihatkan hasil pengujian baja ST 60 sebelum dan sesudah dilakukan proses *full hardening*.

Nilai kekerasan permukaan rata-rata permukaan Baja ST 60 setelah proses *quenching* secara berurutan ke dalam oli SAE 10, SAE 40 dan SAE 80 akan mengalami kenaikan kekerasan permukaan dasar *row material* dari 143 VHN_{0,015}, menjadi 170 VHN_{0,015}, 174 VHN_{0,015}, 196 VHN_{0,015}, kenaikan kekerasan yang berbeda, terjadi akibat besar laju perambatan kalor atau laju perpindahan panas yang terjadi antara spesimen dengan media pendingin dari masing-masing media pendingin berbeda. Semakin besar nilai viskositas, laju perambatan kalor yang terjadi akan semakin tinggi, sebaliknya semakin rendah nilai kekentalan pendingin akan semakin rendah nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Vickers

No	Media Pendingin	Kekerasan Permukaan Rata-Rata	
		Sebelum Proses Quenching (VHN _{0,015})	Setelah Proses Quenching (VHN _{0,015})
	Oli SAE 10	143,302	170,937
	Oli SAE 40	143,302	174,356
	Oli SAE 80	143,302	196,006

Kenaikan kekerasan terjadi akibat proses pencelupan berlangsung begitu cepat, sehingga tidak ada waktu bagi unsur karbon untuk berdifusi dan membentuk unsur kolumnar, unsur karbon langsung terperangkap pada struktur kristal pada saat terjadi transformasi *polimorf* dari FCC ke BCC, dan struktur kristal yang terbentuk seperti jarum kecil-kecil yang bersifat sangat keras (*hard*) dan getas (*brittle*) yang disebut unsur martensit. Gambar 4.3 memperlihatkan, setelah dilakukan proses *quenching*, kekerasan akan mengalami kenaikan yang semakin meningkat dengan semakin tingginya kekentalan media pendingin (oli) pada kondisi perlakuan dan kondisi operasi *quenching* yang sama, dan akan semakin turun dengan rendahnya tingkat viskositas pendingin.

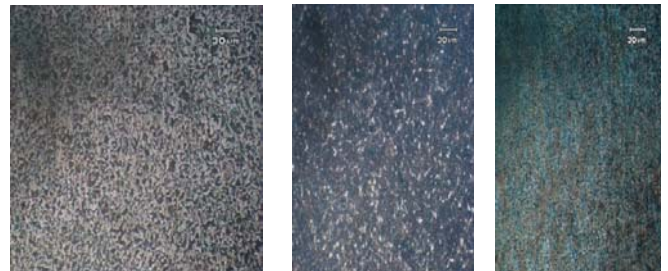


Gambar 4.3 Hubungan Kekerasan Permukaan Rata-Rata Terhadap Tingkat Viskositas Pendingin

Kenaikan nilai kekerasan permukaan rata-rata setelah dilakukan *quenching* secara berurutan diperoleh masing-masing 170 VHN_{0,015}; 174 VHN_{0,015}; dan 196 VHN_{0,015} pada media pendingin oli SAE 10; SAE 40; dan SAE 80.

4.5. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati ada tidaknya perubahan struktur mikro dari baja paduan ST 60, sebelum dan sesudah dilakukan proses *full hardening* pada media pendingin oli yang berbeda viskositasnya. Gambar 4.4 memperlihatkan hasil pengamatan yang dilakukan dengan struktur mikro pada pembesaran 200 x. Struktur logam *row material* baja ST 60 sebelum dilakukan *full hardening*, masih didominasi oleh struktur *ferrit* dan *perlit*, hal ini mengindikasikan baja tersebut memiliki sifat cukup ulet dan liat.



Gambar 4.4. Struktur Mikro Baja ST 60, Proses Full Hardening Pendingin Oli SAE 10, Proses Full Hardening Pendingin Oli SAE 40, Proses Full Hardening Pendingin Oli SAE 80

Perubahan struktur mikro terjadi akibat proses *quenching* pada berbagai variasi viskositas, menunjukkan pada viskositas oli SAE 10, terlihat sementit sedikit muncul yang dikelilingi perlit, dan sementit bertambah dengan semakin naiknya viskositas yaitu SAE 40 dan SAE 60, yang diikuti oleh unsur perlit dan sedikit struktur ferrit. Struktur sementit terbentuk dalam *full hardening*, akibat besar gradien laju perambatan panas yang terjadi pada viskositas tinggi begitu kecil, sehingga laju perambatan panas akan berlangsung lebih cepat. Laju perpindahan panas yang tinggi ini, akan mengakibatkan tidak adanya waktu bagi unsur karbon untuk berdifusi kedalam larutan padat austenit, banyak unsur karbon akan terperangkap di dalam larutan padat austenit atau banyak atom karbon yang terperangkap pada jaringan besi *alfa*, sehingga akan menjadikan transformasi unsur karbon secara mekanik (geser) polimorf dari *Face Center Cubic* (FCC) ke *Body Center Cubic* (BCC) untuk membentuk sementit yang memiliki sifat keras (*hard*), getas (*brittle*), dan bersifat metastabil. Sebaliknya jika digunakan viskositas rendah, laju perambatan panas berlangsung lebih lambat, sedang keseimbangan panas spesimen dengan media pendingin berlangsung dengan cepat, sehingga tidak terdapat kesempatan bagi unsur karbon untuk melakukan *diffusi*. Proses ini berlangsung terus sehingga diperoleh struktur perlit, ferrite yang bercampur dengan sedikit unsur sementit Gambar 4.3. dan akan diperoleh struktur yang bersifat ulet, akan tetapi memiliki kekerasan lebih rendah dibandingkan kekerasan sementit.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian proses *full hardening* memberikan kesimpulan:

1. Kekerasan baja ST 60 akan semakin meningkat dengan naiknya viskositas oli setelah dilakukan proses *quenching*. Secara berurutan nilai kekerasan permukaan baja ST 60 diperoleh 175 VHN_{0,015}; 179

VHN_{0,015}; dan 196 VHN_{0,015} dalam media pendingin oli SAE 10, SAE 40, dan SAE 80.

2. Martensit akan lebih dominan muncul pada oli yang memiliki viskositas tinggi, hal ini dikarenakan proses perambatan panas akan lebih cepat dibanding media pendingin yang memiliki viskositas rendah. Karena transformasi unsur karbon dari FCC ke (BCC untuk membentuk martensit lebih mudah terjadi akibat laju pendinginan yang singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Internasional Hand book, 2003, “*Standard Test Method for Hardness*, G99-04.
- Pribadi, Suprpto, Priyantoro, 2008, “*Pengerasan Permukaan Baja ST40 Dengan Teknik Carburizing Plasma Lucutan Pijar*”, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Agustus, Yogyakarta, ISSN 1978-0176.
- Suprpto, Sujitno, Mudjjana, “*Pengerasan Permukaan Baja St 42 Dengan Teknik Nitridasi Ion*”, Prosiding PPI-PDIPTN 2005, Puslitbang Teknologi Maju-Batan, Yogyakarta, ISSN 0216 – 3128.
- Suprpto, Sudjatmoko, Sujitno, “*Pengaruh Nitridasi Plasma Terhadap Kekerasan Aisi 304 Dan Baja Karbon Rendah*”, J. Iptek Nuklir Ganendra Vol. 13 No. 2 Juli 2010: 93-100 ISSN 1410- 6987.
- Surdia, T., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita.
- Sutrisno, Soegijono, 2012, “ *Pengerasan Permukaan Baja Karbon Rendah ST37 dengan Metode Boronisasi* ” Simetri, Volume 1 Nomor 1(B).
- Van Vlack, L., Djaprie, S., 1991, “*Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*”, Penerbit Erlangga, Jakarta.